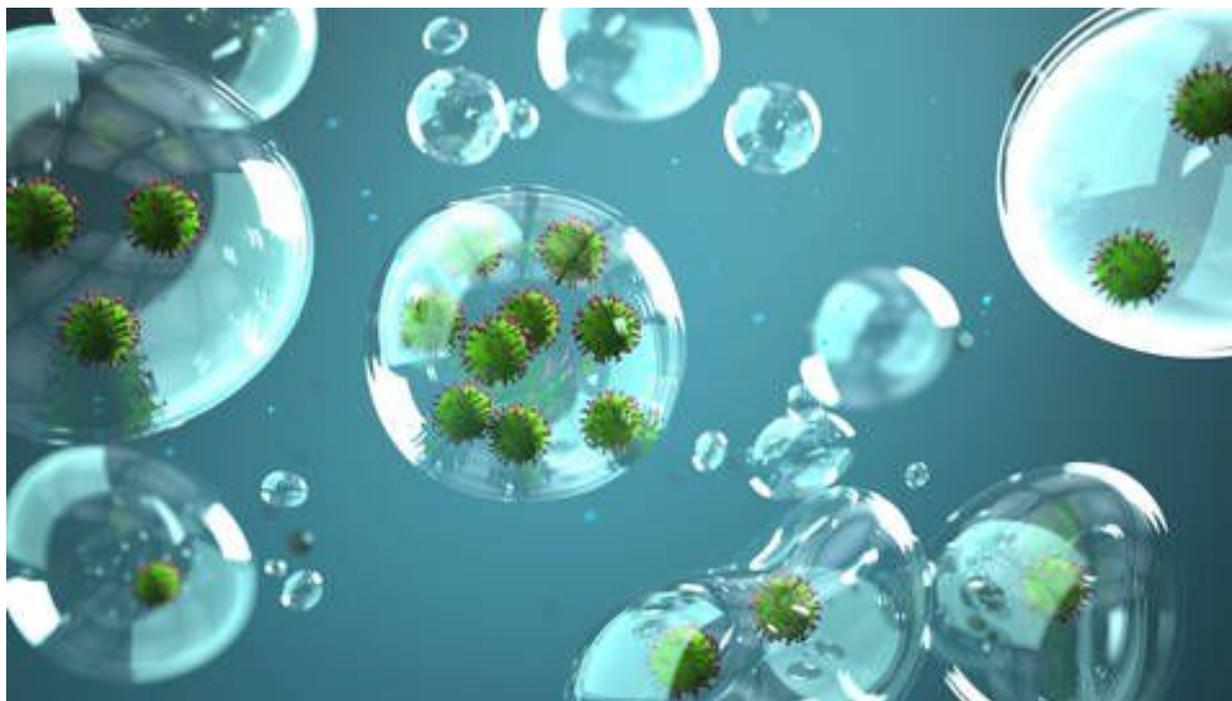


Innenraumluft und Schulen in Pandemiezeiten und darüber hinaus

Maßnahmen & Notwendigkeiten

Dipl. Ing. Peter Tappler

Arbeitskreis Innenraumluft im BMK - Allgemein beeideter und gerichtlich zertifizierter Sachverständiger
IBO Innenraumanalytik OG



Lüftungssituation in Schulen

Auch ohne Corona-Pandemie problematisch

Hohe Personendichte

Hohe Konzentration nötig

Zunehmend dichte Fenster

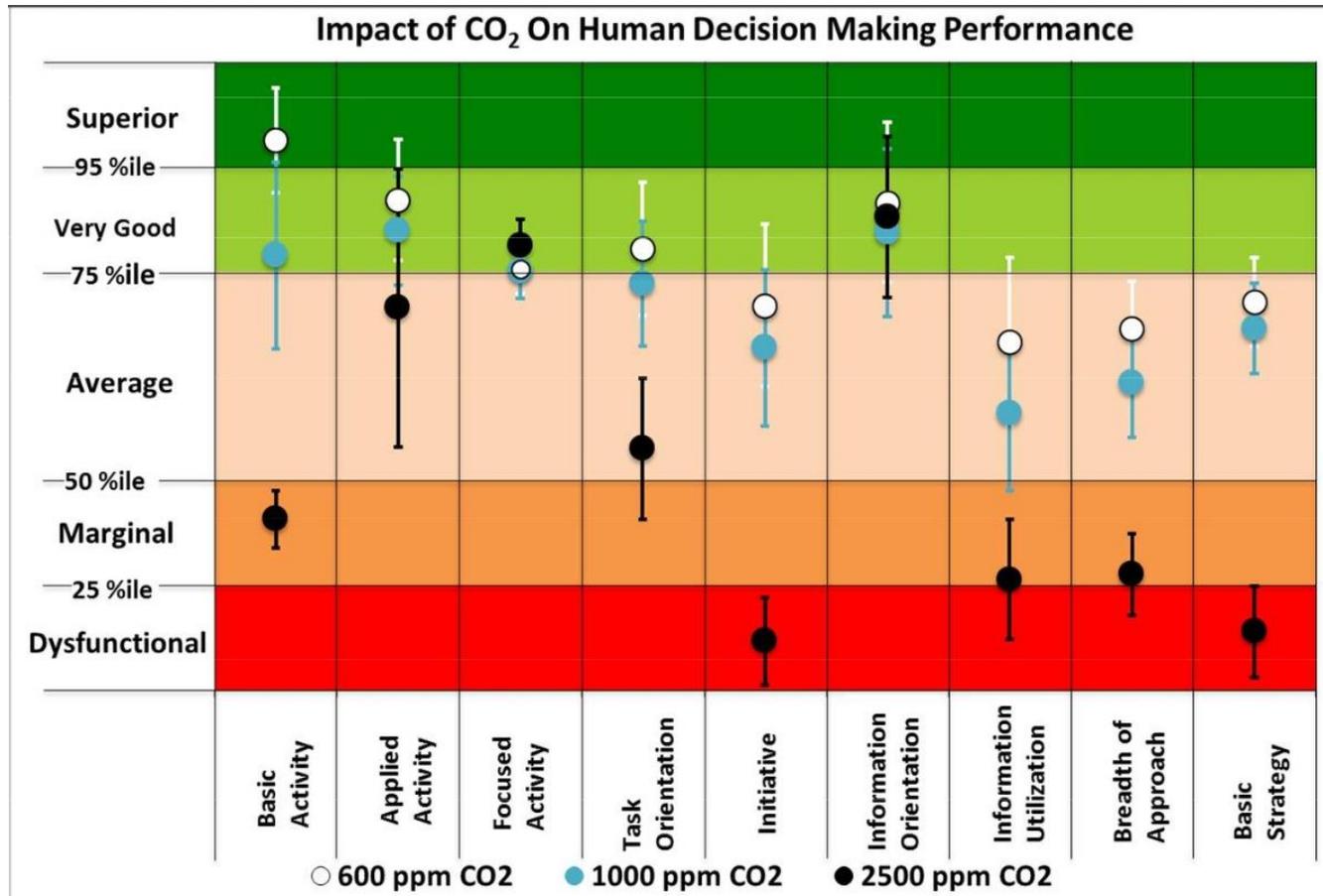
Lange Aufenthaltszeiten

Lüftung unzureichend
oder praktisch unmöglich



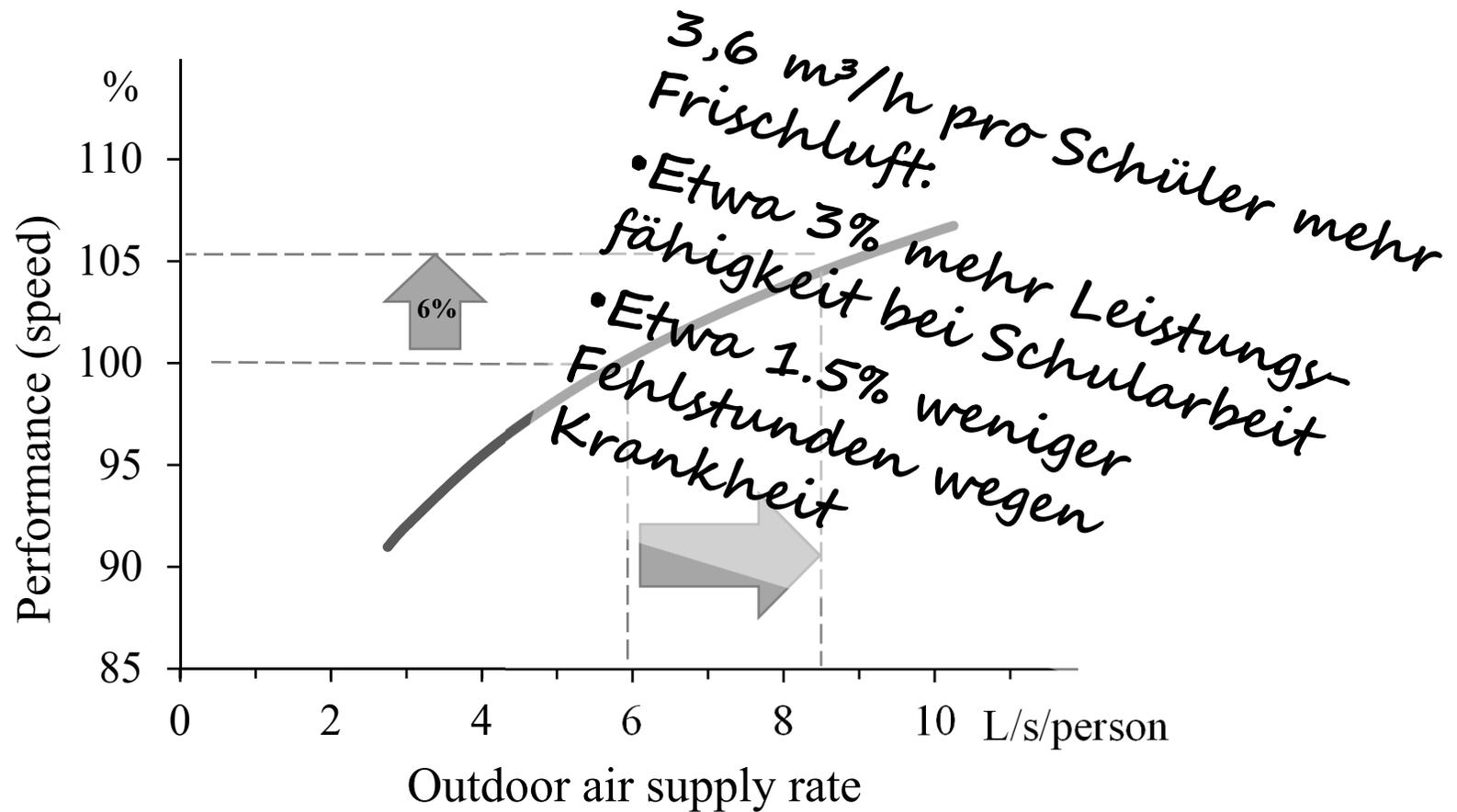
Keine rechtlich verbindlichen Raumluft-Grenzwerte

Effekte geringerer CO₂-Konzentrationen



Satish et al. (2012): Is CO₂ an Indoor Pollutant? Direct Effects of Low-to-Moderate CO₂ Concentrations on Human Decision-Making Performance. Env. Health Perspectives. NIEHS

Lüftung = Leistung & Gesundheit



Wargocki (2014): Vortrag im Rahmen des Innenraumtages des BMLFUW 2014

Kostensparnis Schulen Dänemark



	Durchschn. jährlicher Effekt	Trend des Effektes
Öffentliches Budget total	€37 Millionen	Steigend
• erhöhte Produktivität	€16 Millionen	Steigend
• weniger Wiederholer	€15 Millionen	Steigend
• weniger Krankenstände Lehrer	€6 Millionen	Konstant
Bruttoinlandsprodukt total	€170 million	Steigend
• erhöhte Produktivität	€104 Millionen.	Steigend
• weniger Wiederholer	€67 Millionen	Steigend
• weniger Krankenstände Lehrer	N/A	N/A

Wieviel Lüftung braucht der Schüler?

OIB-Richtlinie 3 Hygiene, Gesundheit & Umweltschutz ist Basis der bautechnischen Regelungen der Länder

- 10.1.1 Aufenthaltsräume und Sanitärräume müssen durch unmittelbar ins Freie führende Fenster, Türen und dergleichen ausreichend gelüftet werden können. Davon kann ganz oder teilweise abgesehen werden, wenn eine mechanische Lüftung vorhanden ist, die eine für den Verwendungszweck ausreichende Luftwechselrate zulässt. Die Lüftung von Aufenthaltsräumen durch unmittelbar ins Freie führende Fenster, Türen und dergleichen ist ebenfalls gewährleistet, wenn vor diese verglaste Loggien oder Wintergärten vorgesetzt sind, welche der jeweiligen Wohn- und Betriebseinheit zugeordnet sind und über offenbare Fenster, Türen und dergleichen verfügen. Bei sonstigen innen liegenden Räumen, ausgenommen Gänge, ist für eine Lüftungsmöglichkeit zu sorgen.
- 10.1.2 In Räumen, deren Verwendungszweck eine erhebliche Erhöhung der Luftfeuchtigkeit erwarten lässt (insbesondere in Küchen, Bädern, Nassräumen etc.), ist eine natürliche oder mechanische Be- oder Entlüftung einzurichten.

OIB Richtlinie 3-2019 streicht zentralen Satz

OIB-Richtlinie 3 Hygiene, Gesundheit & Umweltschutz
ist Basis der bautechnischen Regelungen der Länder

10.1.1: „Aufenthaltsräume und Sanitärräume müssen durch unmittelbar ins Freie führende Fenster, Türen und dergleichen ausreichend gelüftet werden können. Davon kann ganz oder teilweise abgesehen werden, wenn eine mechanische Lüftung vorhanden ist, die eine für den Verwendungszweck ausreichende Luftwechselrate zulässt.“

~~10.1.2 „Ist bei Aufenthaltsräumen eine natürliche Lüftung zur Gewährleistung eines gesunden Raumklimas nicht ausreichend oder nicht möglich, **muss eine für den Verwendungszweck bemessene mechanische Lüftung errichtet werden.**“~~

Österreichische Richtwerte für CO₂ (2017)

Beschreibung, Anforderungen	Verteilung CO ₂ -Werte ppm absolut	EN 16798-1 (13779) Kategoriengrenzen ppm absolut
Ziel für Innenräume für den dauerhaften Aufenthalt von Personen	arithm. Mittelwert ≤ 800	I: $\leq \sim 750 \dots 800$ (IDA 1)
Anforderungen für Innenräume, in denen geistige Tätigkeiten verrichtet werden und die zur Regeneration dienen	arithm. Mittelwert ≤ 1000	II: $\leq \sim 950 \dots 1000$ (IDA 2)
Allgemeine Anforderung für Innenräume für den dauerhaften Aufenthalt von Personen	arithm. Mittelwert ≤ 1400	Klassenräume
Anforderungen für Innenräume mit geringer Nutzungsdauer durch Personen	arithm. Mittelwert ≤ 5000	
Für die Nutzung durch Personen nicht akzeptabel	arithm. Mittelwert > 5000	MAK-Wert

Mechanische Lüftung erforderlich?

OIB-Richtlinie 3 & Erläuterungen

OIB-Richtlinie 3 (2019) fordert, dass Aufenthaltsräume ausreichend gelüftet werden können

OIB-Richtlinie 3 in Bautechnik-VO der Länder übernommen

Richtwerte für CO₂ unterschritten

1000 ppm bzw. 1400 ppm CO₂
Mindestforderung der bautechnischen Regelungen der Länder

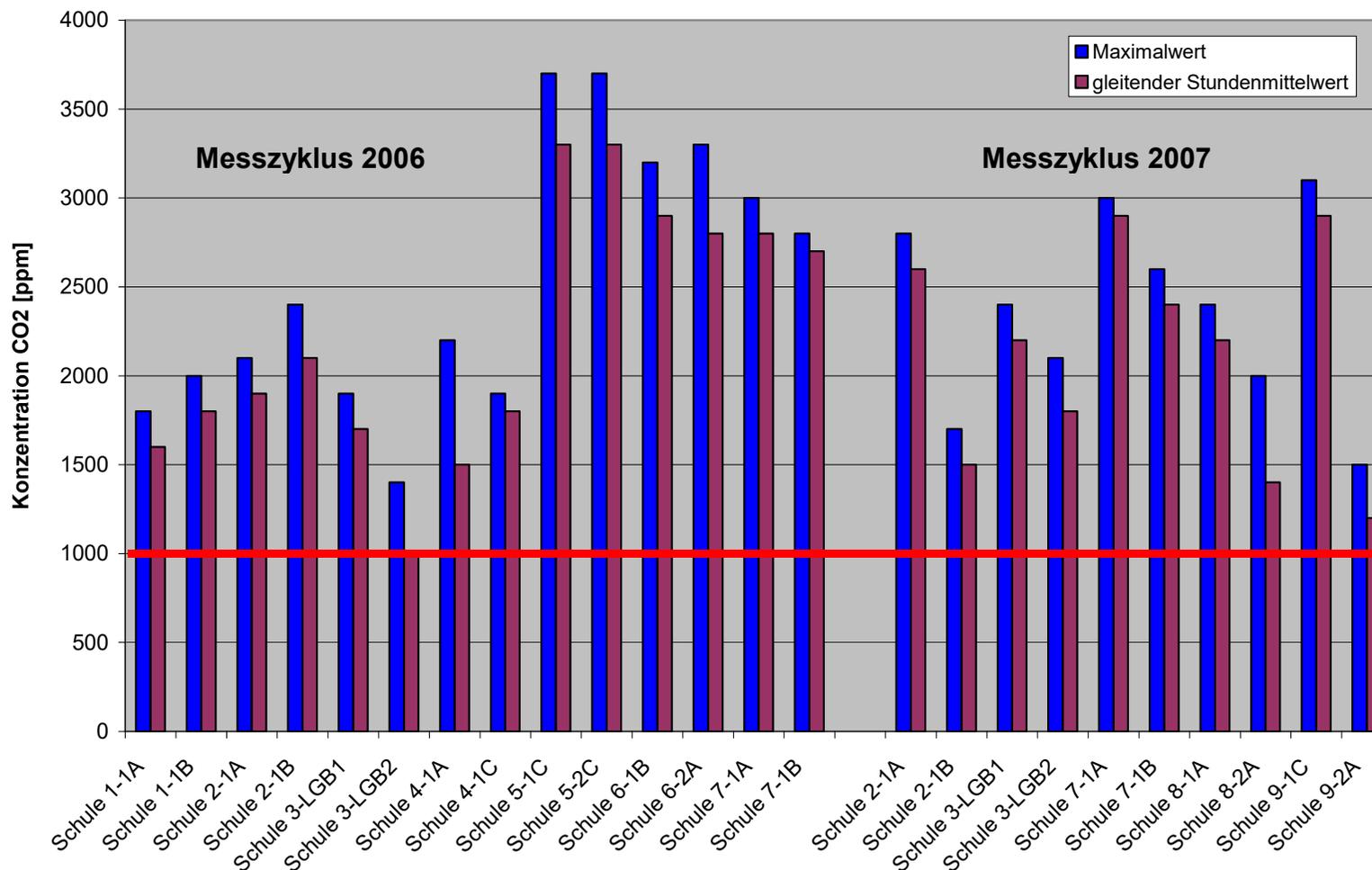
Empfehlungen

Gesetzliche Vorgabe

Worst-case Annahme

Konsequenz

CO₂ in österreichischen Schulen



LUKI Luft-Kinder-Studie des UBA, IBO, Inst. für Umwelthygiene/MedUni-Wien 2008

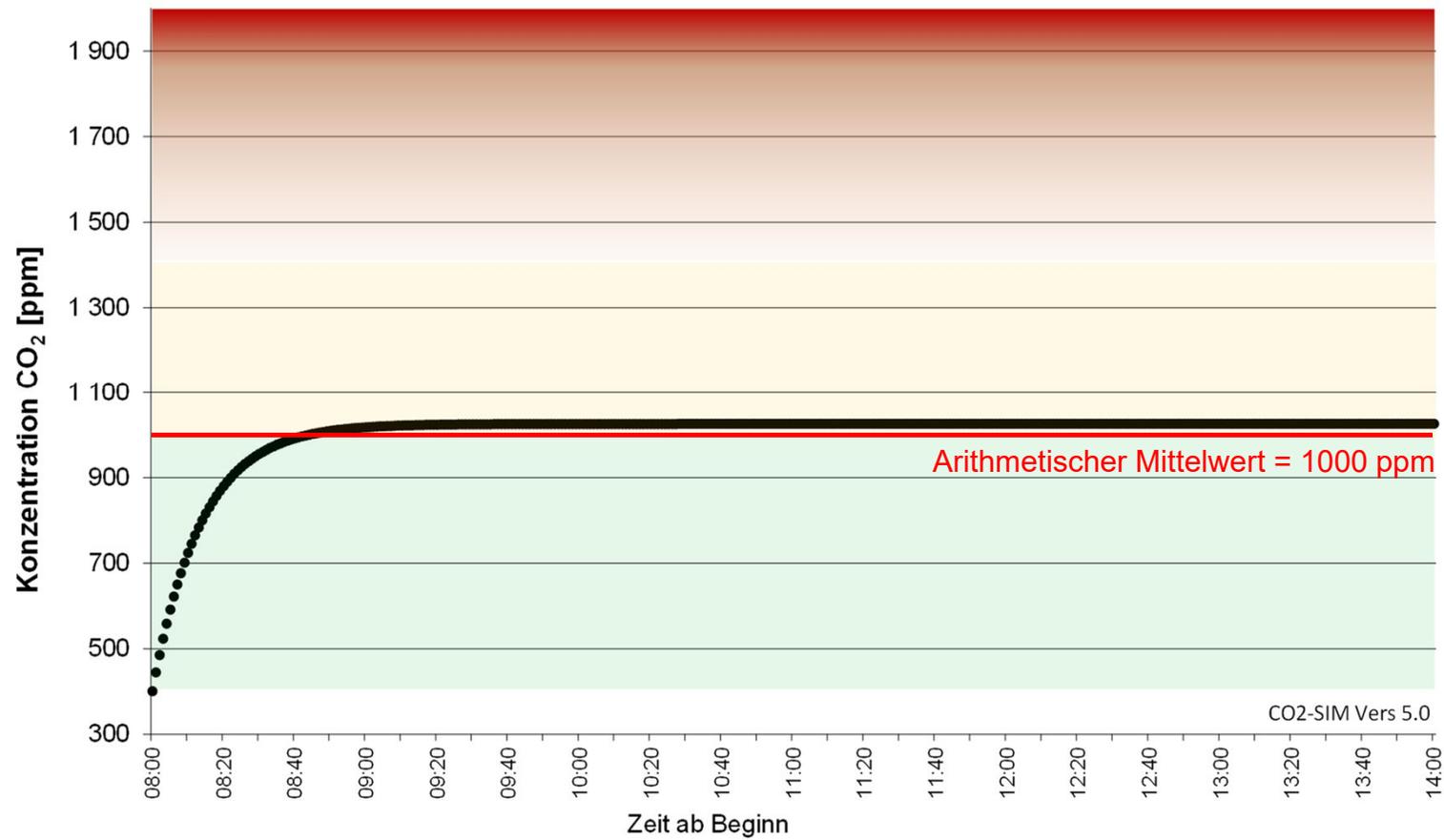
Schule in Wien

Neugebaute Grundschule (Volksschule) mit Lüftungsmöglichkeit über Oberlichter und Türe nach außen

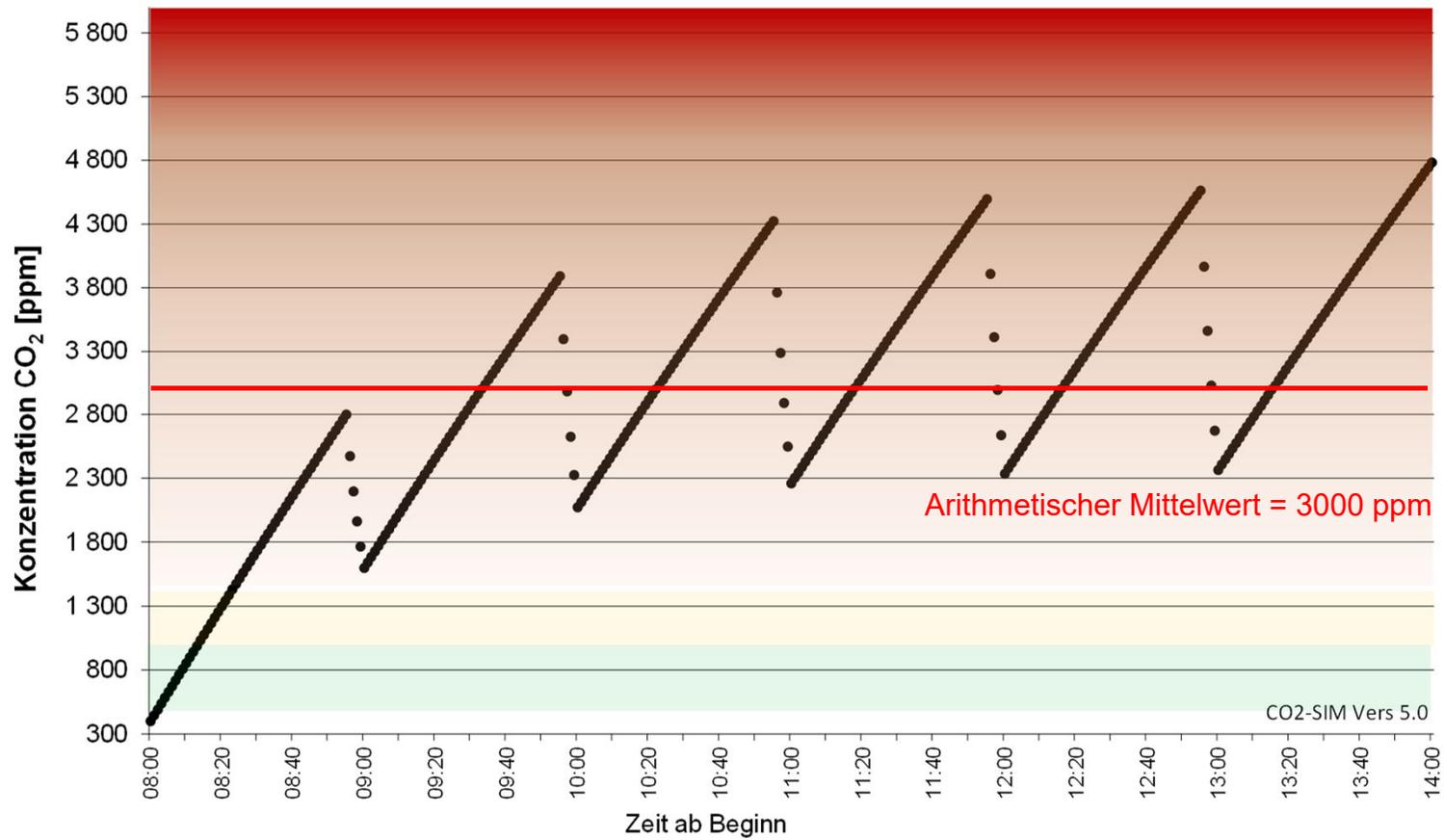
Luftwechsel $< 0,05 \text{ h}^{-1}$ (nicht mehr exakt messbar)



Verlauf CO₂-Konzentration Referenz: LW=4,375, 1 Person steht, 24 Personen sitzen



Verlauf CO₂-Konzentration Fensterlüftung: LW=0,1, 1 Person steht, 24 Personen sitzen



Empfehlungen zu Schullüftung

 Bundesministerium
Klimaschutz, Umwelt,
Energie, Mobilität,
Innovation und Technologie

Positionspapier zu Lüftungserfordernissen in Gebäuden

Positionspapier des Arbeitskreises Innenraumluft



Arbeitskreis Innenraumluft und Ärztekammer fordern Schulklassen mit Komfortlüftung

Während die beim PISA-Test erfolgreichen skandinavischen Schüler in der Regel in mechanisch belüfteten Klassen lernen, werden Österreichs Schüler oft schon nach kurzer Zeit, spätestens jedoch ab der dritten Unterrichtsstunde durch den typischen „Schulmief“ beeinträchtigt. Schulmief ist eine Mischung unterschiedlicher flüchtiger Stoffe (unter anderem CO₂) und Geruchssubstanzen, die von den Schülern selbst abgegeben werden. CO₂ selbst ist nicht gesundheitsschädlich, sondern ein Marker für die Qualität der Innenraumluft.

Wien, 2020

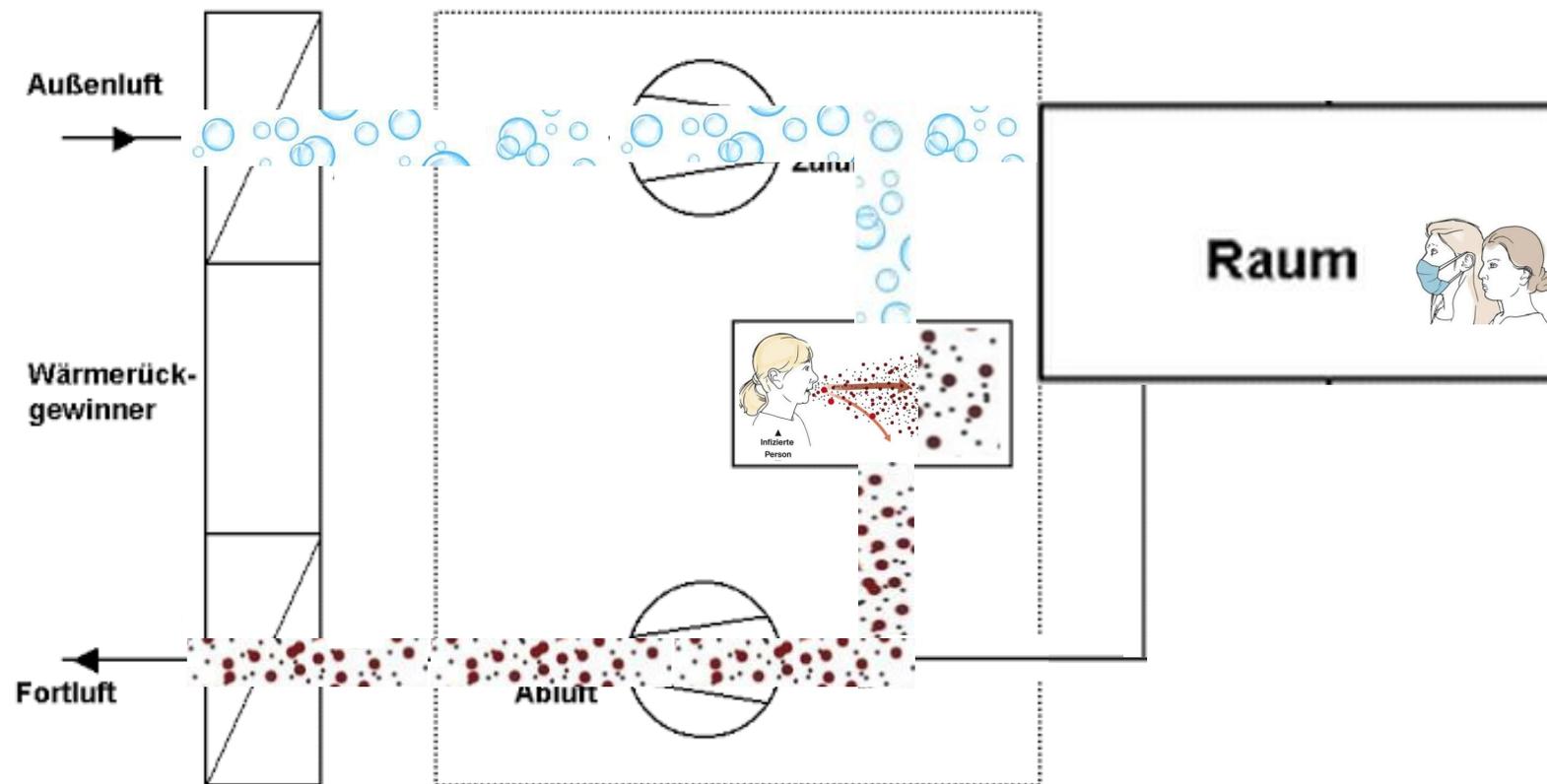
Die Lernleistung nimmt schon ab 1000ppm CO₂ ab, die Fehlerraten steigen. Ab etwa 1400 pps CO₂ ist die Luftqualität laut österreichischer Akademie der Wissenschaften und ÖNORM EN 13779 als niedrig zu bezeichnen, viele Schulklassen liegen in mehr als der Hälfte der Lernzeiten darüber. Ab 2000 ppm CO₂ steigt die Rate an Kopfschmerzen (die häufigste Beschwerde bei Jugendlichen neben der ebenso durch

Bezug online: www.raumluft.org



RLT-Anlagen vermindern Infektionsrisiko

Starke Verdünnung der Aerosolkonzentration



Infektionswege SARS-CoV-2

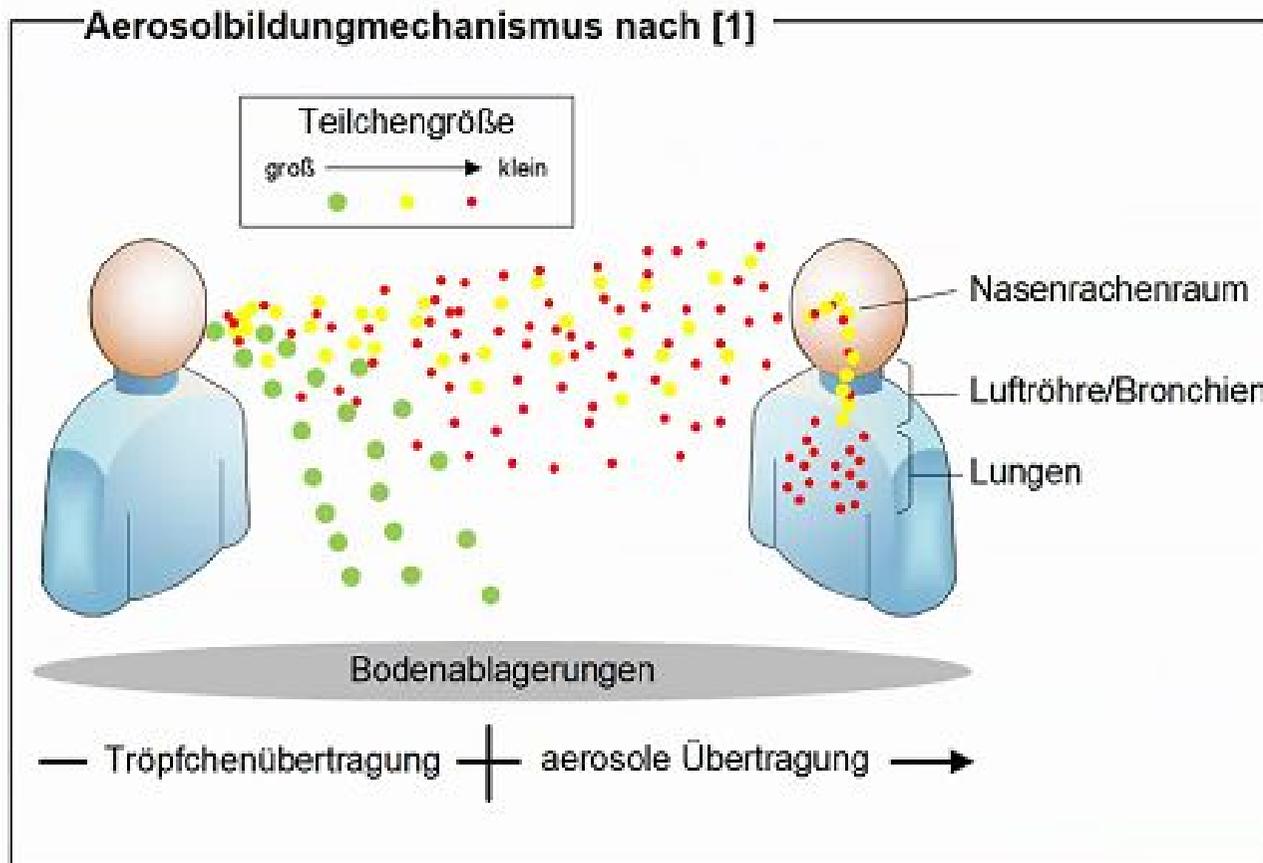
Tröpfcheninfektion: im Nahbereich (bis 2 m) große Tropfen über Niesen, Husten usw.

Schmierinfektion: über Oberflächen, Hände, Schleimhäute

Aerosolpartikel: über die Atemluft (< 5 µm)



Aerosole und Infektion



[1] Pan, M.; Lednicky, J. A.; Wu, C-Y (2019): Collection, particle sizing and detection of airborne viruses. In: *Journal of applied microbiology* 127 (6), S. 1596–1611. DOI: 10.1111/jam.14278.

Vieles ist noch unklar, einiges ist bekannt



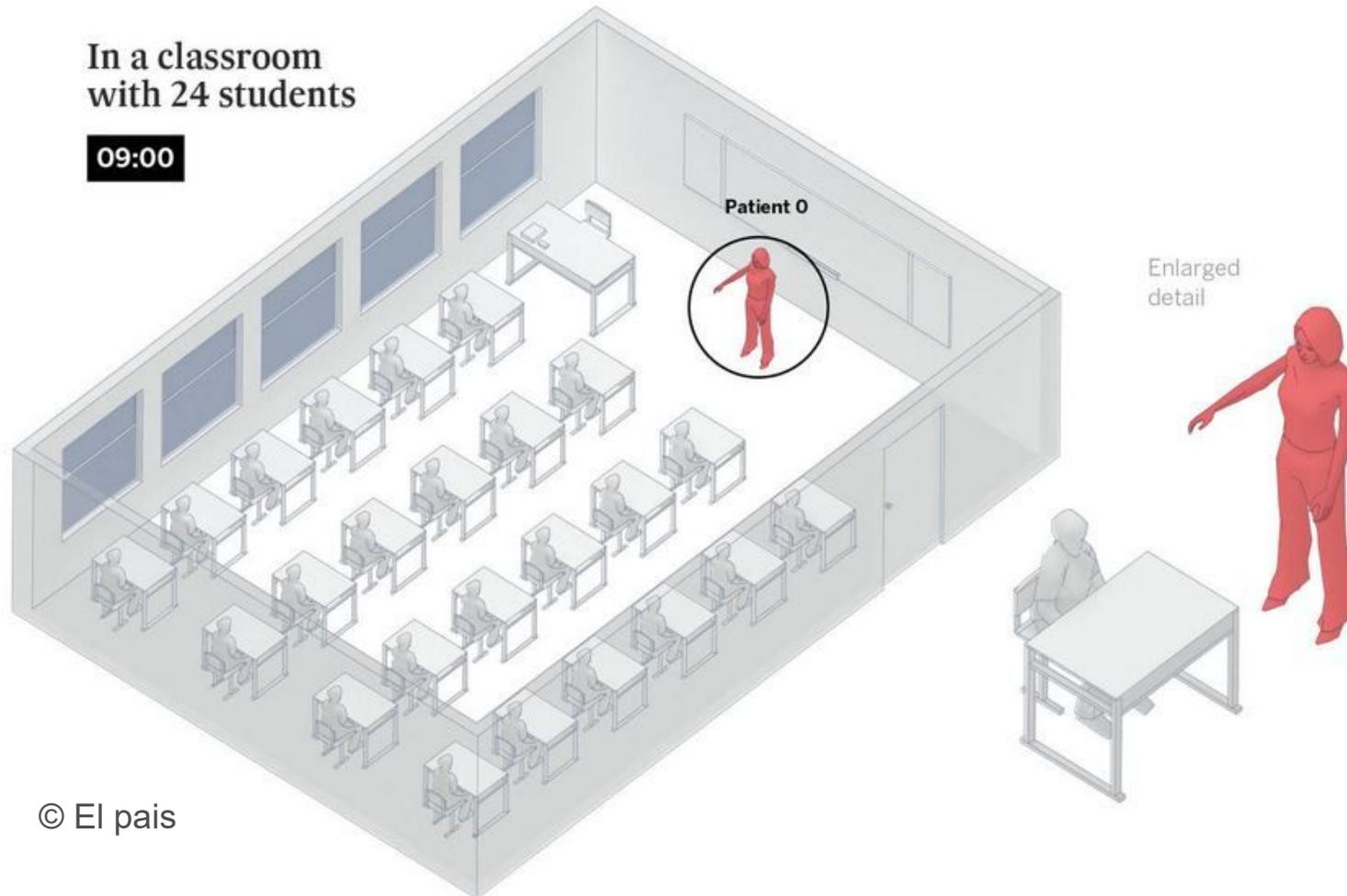
Dass Aerosole eine Rolle spielen, kann als gesichert gelten, da sich Superspreading-Ereignisse anders nicht schlüssig erklären lassen

Abstandsregeln sind bei Aerosolen nicht relevant, Visiere sind unwirksam

Infektionswege in Schulen

In a classroom
with 24 students

09:00

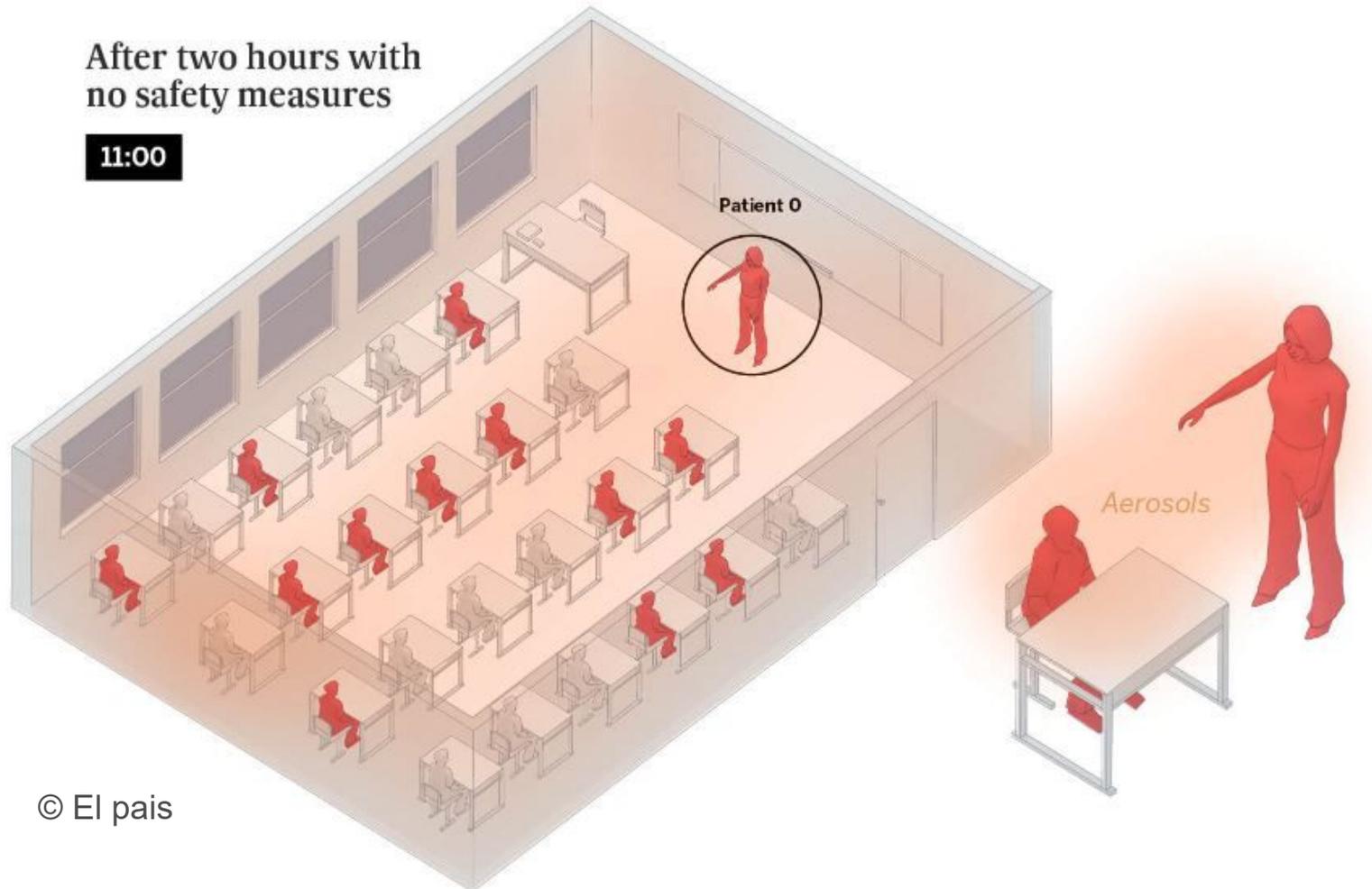


© El pais

Infektionswege in Schulen

After two hours with
no safety measures

11:00

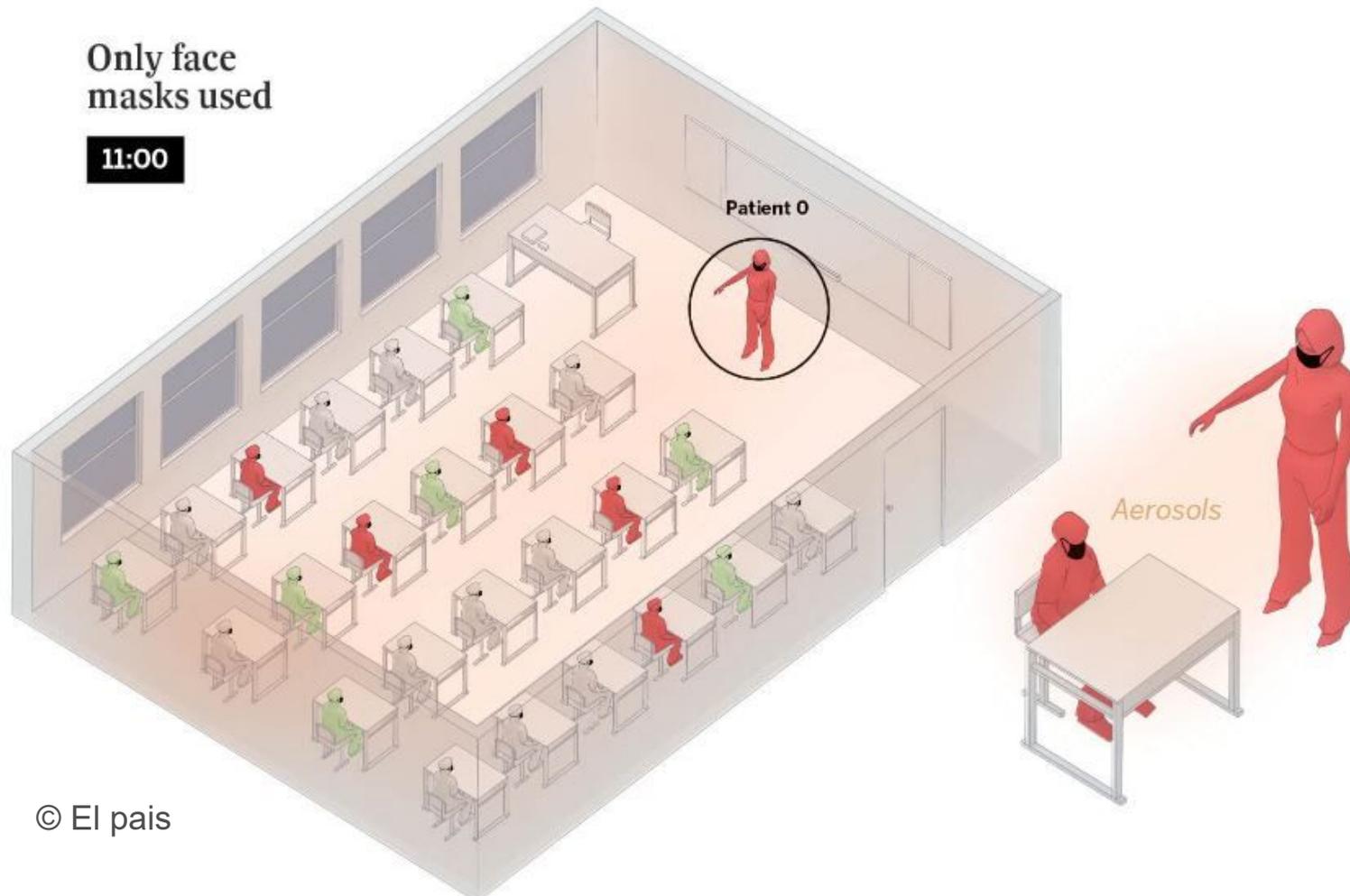


© El pais

Infektionswege in Schulen

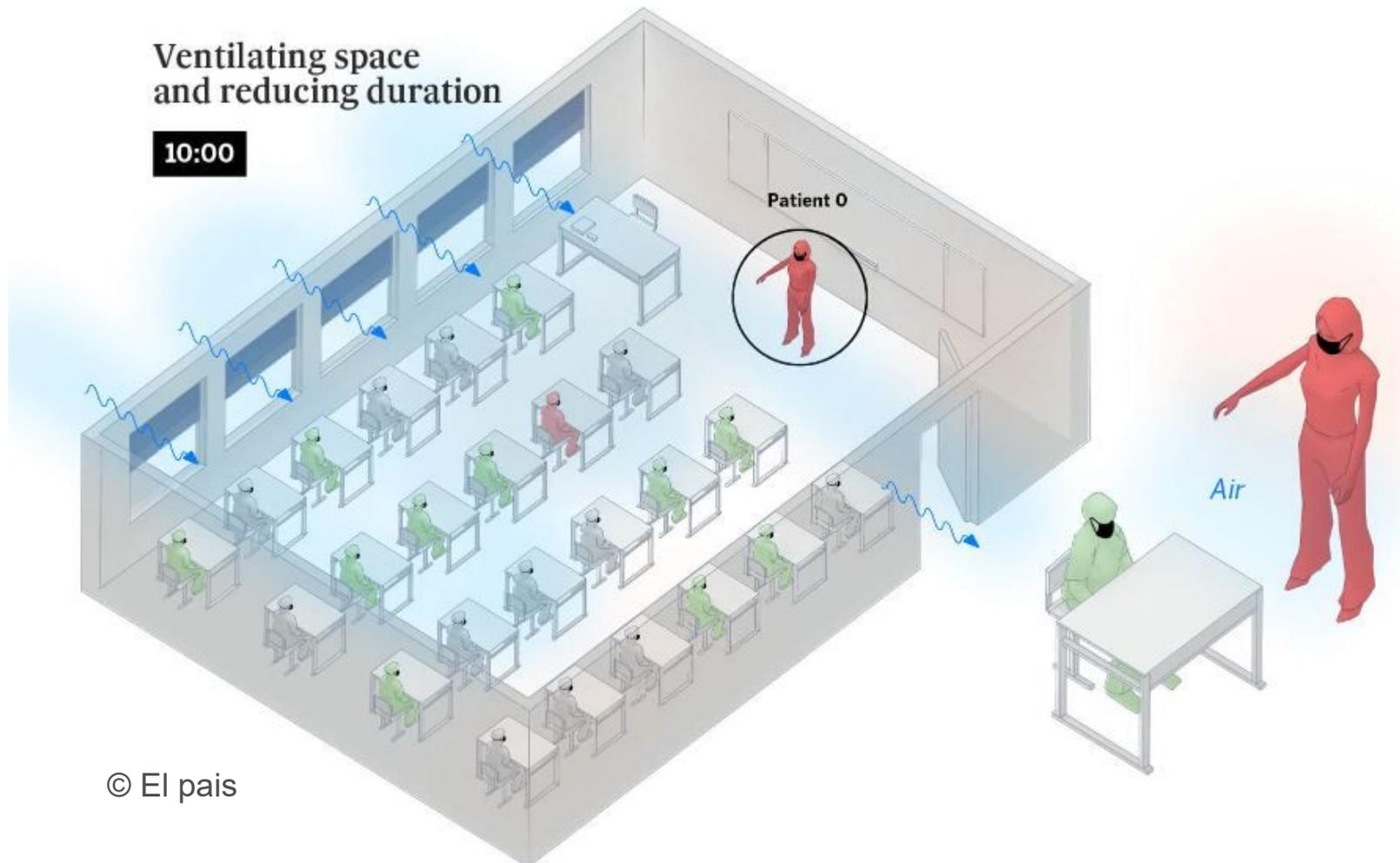
Only face
masks used

11:00



© El pais

Infektionswege in Schulen



© El pais

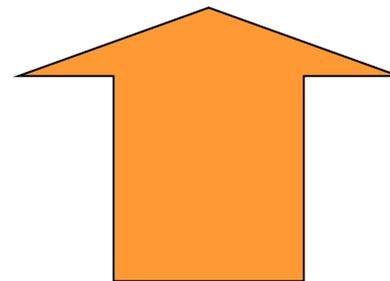
„Virenfite“ Räume durch.....

Abstand, Hygiene

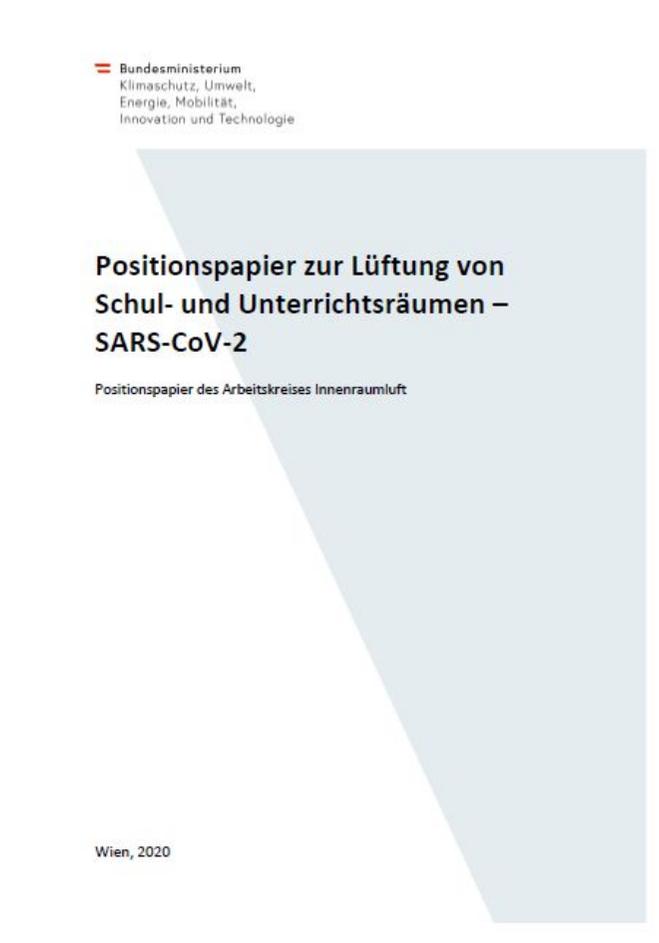
Atem(Mund-
Nasen)schutz



Lüftung optimieren
(Luftreiniger)



Positionspapier Corona & Schulen



Kurze Festlegung zum Umgang mit Corona und Lüftung in Schulen

Bezug nehmend auf die Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft - CO₂ (2017)

Bezug online:

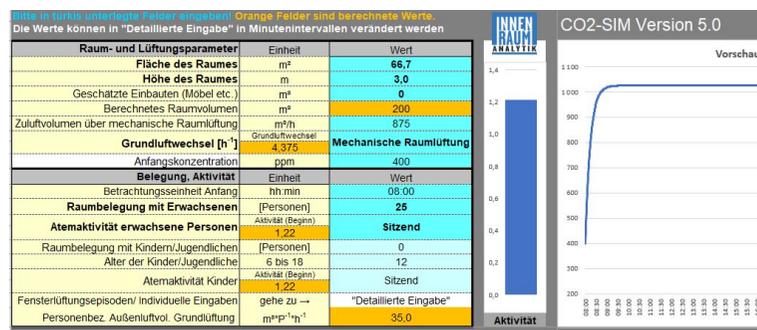
https://www.bmk.gv.at/themen/klima_umwelt/luft/luft/innenraum/arbeitskreis.html

Simulationsprogramme

CO2-SIM

Simulationsprogramm zur instationären Berechnung der CO₂-Konzentrationen in Innenräumen

<http://www.raumluft.org>



VIR-SIM

Simulationsprogramm zur instationären Abschätzung des Infektionsrisikos in Innenräumen

<http://www.corona-rechner.at>



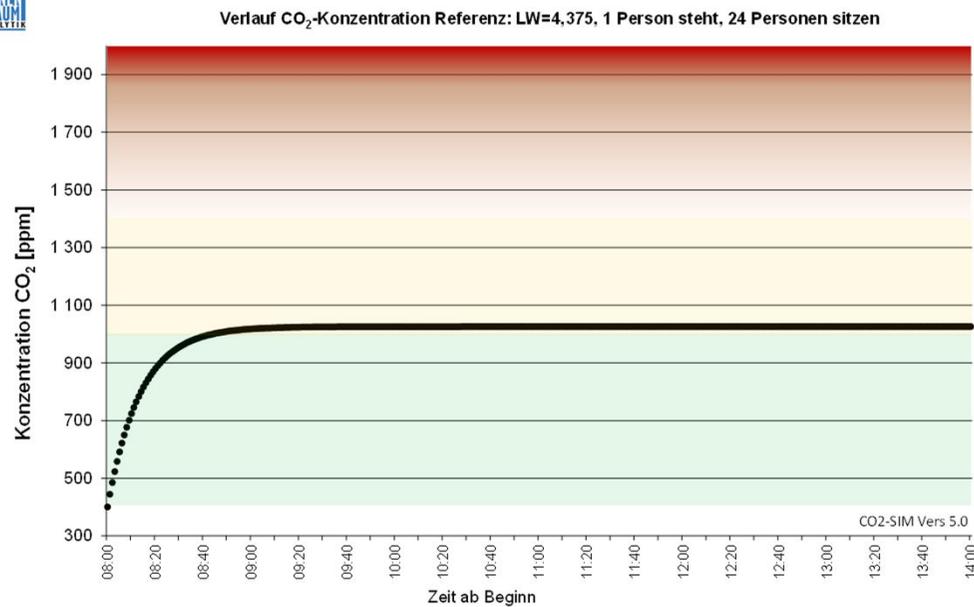
Worauf kommt es an beim Corona-Risiko?

Sprachaktivität ist bestimmend für das Risiko, über Aerosole infiziert zu werden. Beim Sprechen und Singen werden deutlich mehr Aerosolpartikel emittiert als beim Atmen.

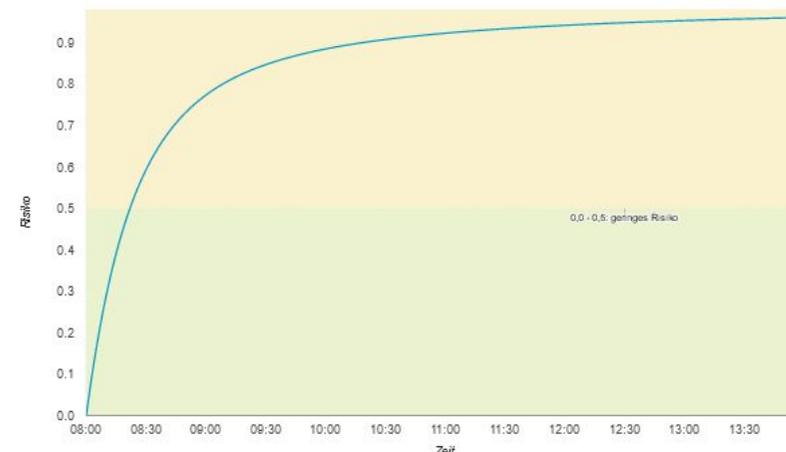
Tabelle 3 – Übersicht über Atemvolumenströme und Aerosolkonzentrationen

Körperliche Aktivität	Atemvolumenstrom \dot{V}_A in m ³ /h	Sprechaktivität	Aerosolkonzentration ζ_{Aerosol} in ml/m ³
Ausruhen (1,0 met)	0,49	Atmen	0,0018
Sitzen, leichte Tätigkeit (1,1 met)	0,54	Sprechen	0,0096
Stehen, leichte Tätigkeit (1,6 met)	0,78	Lautes Sprechen / Singen	0,0600
Gehen, leichte Anstrengung (2,8 met)	1,38		
Moderate Anstrengung (4,8 met)	2,35		
Schwere Anstrengung (6,7 met)	3,30		

Müller et al. (2021): Modellbasierte Berechnung des aerosolgebundenen Infektionsrisikos in Klassenräumen, Großraumbüros, Hörsälen und Sporthallen bei unterschiedlichen Nutzungssituationen. Gefahrstoffe 81, Nr. 03-04

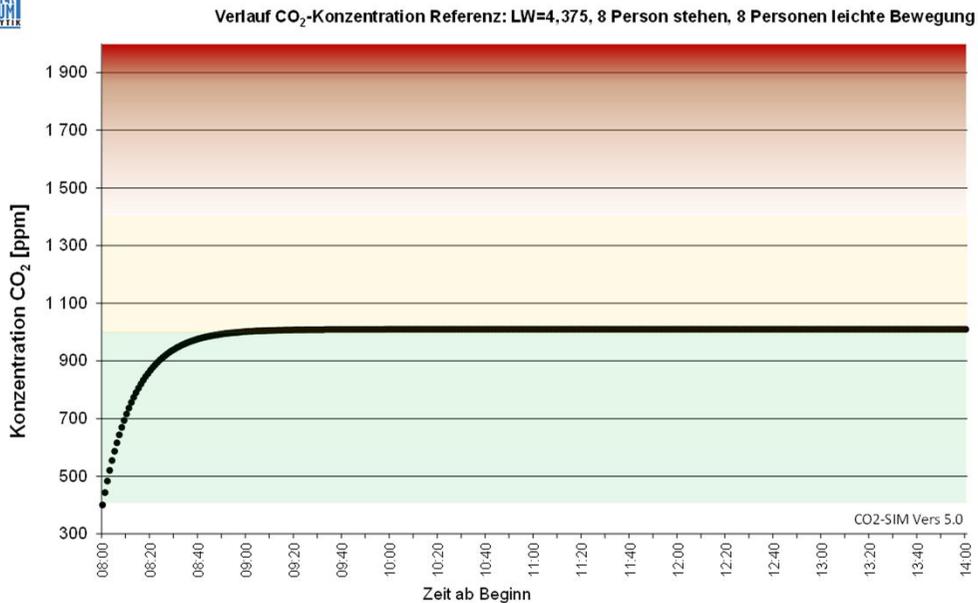


Endrisiko Erwachsene
1,0
Endrisiko ist ca. genauso hoch als bei Referenzsituation

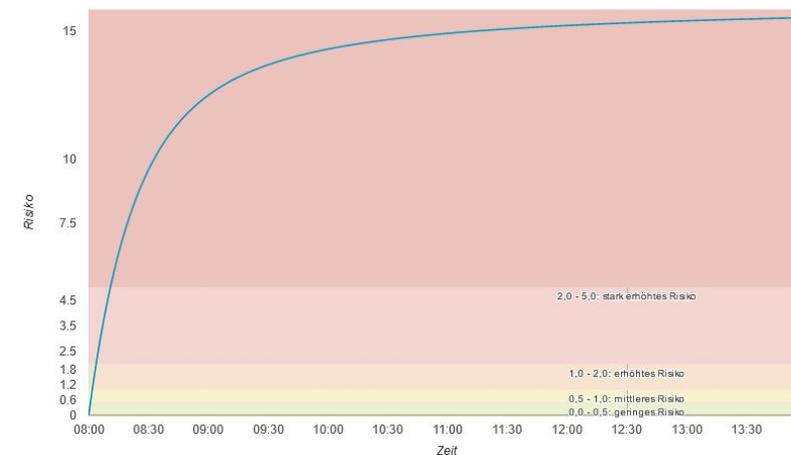


Referenzsituation - Vortrags- oder Schulraum 24 sitzende Personen atmend, eine stehende Person sprechend, LW~4,4 h⁻¹: CO₂-Ausgleichskonzentration 1000 ppm Risiko wird mit R=1 festgelegt

5,0 aufwärts	sehr stark erhöhtes Risiko
2,0 - 5,0	stark erhöhtes Risiko
1,0 - 2,0	erhöhtes Risiko
0,5 - 1,0	mittleres Risiko
0,0 - 0,5	geringes Risiko

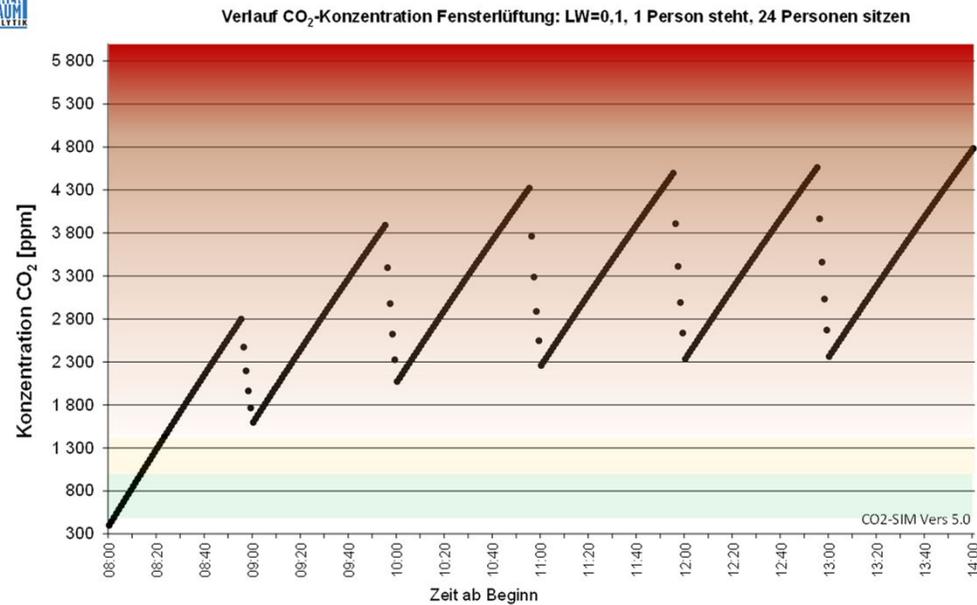


Endrisiko Erwachsene
15,5
Endrisiko ist 15,5-mal höher als bei Referenzsituation



Raummaße wie Referenzsituation, 8 stehende Personen atmend, 8 stehende Personen singend, LW~4,4 h⁻¹: CO₂-Ausgleichskonzentration ~1000 ppm

5,0 aufwärts	sehr stark erhöhtes Risiko
2,0 - 5,0	stark erhöhtes Risiko
1,0 - 2,0	erhöhtes Risiko
0,5 - 1,0	mittleres Risiko
0,0 - 0,5	geringes Risiko

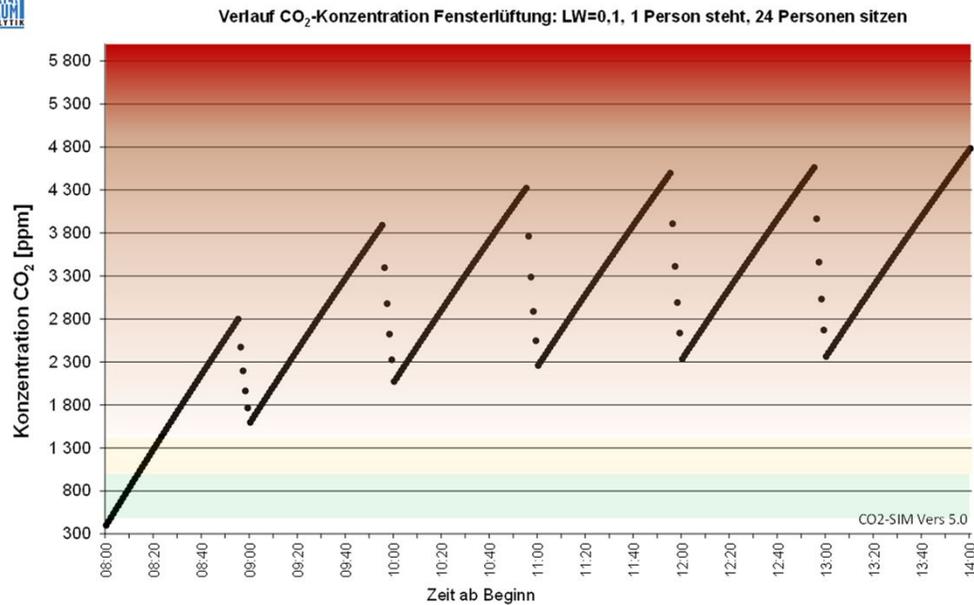


Endrisiko Erwachsene
4,1
Endrisiko ist 4.1-mal höher als bei Referenzsituation



Vortrags- oder Schulraum mit Pausen-
lüftung über Fenster (5 min mit LW=10),
24 sitzende Personen atmend, eine
stehende Person sprechend, LW=0,1 h⁻¹

5,0 aufwärts	sehr stark erhöhtes Risiko
2,0 - 5,0	stark erhöhtes Risiko
1,0 - 2,0	erhöhtes Risiko
0,5 - 1,0	mittleres Risiko
0,0 - 0,5	geringes Risiko



Endrisiko Erwachsene
0,4

Endrisiko ist 2.2-mal geringer als bei Referenzsituation

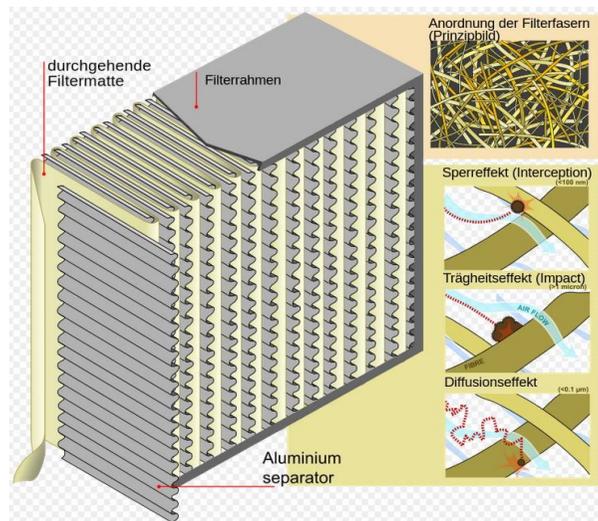


Vortrags- oder Schulraum mit Pausen-lüftung über Fenster (5 min mit LW=10), 24 sitzende Personen atmend, eine stehende Person sprechend, LW=0,1 h⁻¹,
Raumluftreiniger 800 m³/h, Maskenpflicht

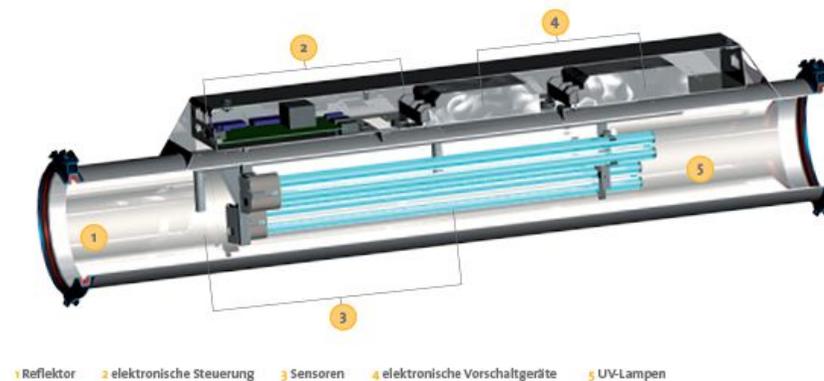
5,0 aufwärts	sehr stark erhöhtes Risiko
2,0 - 5,0	stark erhöhtes Risiko
1,0 - 2,0	erhöhtes Risiko
0,5 - 1,0	mittleres Risiko
0,0 - 0,5	geringes Risiko

Raumluftreinigungsgeräte

Mobile Luftreiniger als Übergangstechnologie waren in Pandemiezeiten als Ergänzung zu ausreichender Außenluftzufuhr über Fensterlüftung sinnvoll – derzeit entbehrlich



EPA- oder HEPA-Filter



© Virobuster International GmbH

UV-C-Technologie

Kaltplasma & Ionisation

Bei mobilen Geräten, die mit **Ionisation oder Plasma** arbeiten, sieht die IRK deren Wirksamkeit gegenüber Viren und Bakterien bei typischen Raumgegebenheiten und Raumvolumina wie in Schulen üblich, als nicht ausreichend erprobt an. Wird beim Einsatz Ozon gebildet, besteht zudem die Gefahr, dass im Realbetrieb durch chemische Reaktion mit anderen Stoffen gesundheitsschädliche Reaktionsprodukte an die Raumluft abgegeben werden können (Gunschera et al. 2016, Siegel 2016). Die IRK empfiehlt, vor Beschaffung und Einsatz von Gerätschaften mit Ionisations- und Plasmaverfahren sich von den Herstellern neben der Wirksamkeitsprüfung unter Realraumbedingungen auch den Nachweis erbringen zu lassen, dass keine gesundheitsschädigenden Emissionen erzeugt werden.

Empfehlung Kommission Innenraumlufthygiene des UBA

Von der Verwendung von Ionisationsgeräten ohne endständigem Filter und „Kaltplasma“ wird letztendlich abgeraten, da für die anzunehmende Abwesenheit nicht messbarer flüchtiger Reaktionsprodukte grundsätzlich kein Nachweis erbracht werden kann.

Positionspapier zu Luftreinigern

 **Bundesministerium**
Klimaschutz, Umwelt,
Energie, Mobilität,
Innovation und Technologie



Positionspapier zu Lüftungsunterstützenden Maßnahmen durch Einsatz von Luftreinigern zur Covid-19 Prävention und Einbringung von Wirkstoffen in die Innenraumluft

Bezug online:

https://www.bmk.gv.at/themen/klima_umwelt/luft/luft/innenraum/arbeitskreis.html

Raumluftreinigungsgeräte

Mobile Luftreiniger können als **Ergänzung zu Außenluftzufuhr** über Fensterlüftung in bestimmten Phasen der Pandemie sinnvoll sein

Bei der Aufstellung müssen vor allem die **Luftleistung im Verhältnis zum Raumvolumen, die Schallsituation** und bei manchen Geräten die Positionierung der Ausblasung berücksichtigt werden

Bei der Entscheidung für ein Gerät ist die **Nachhaltigkeit** zu beachten, vor allem die Kosten im Verhältnis zu mechanischer Lüftung

Wann sind Luftreinigungsgeräte sinnvoll?

Als Übergangstechnologie bei zu geringer Außenluftzufuhr in Pandemiezeiten, wenn es keine anderen Möglichkeiten der Verringerung des Risikos gibt (Lüftung über Fenster erschwert: bspw. Herbst/Winter 2020, hohe Inzidenz, keine Impfmöglichkeit, keine Tests)

In Räumen, in denen von mehreren Personen laut gesprochen und gesungen wird

In (meist privaten) Räumen und Büros Allergiker*innen aufhalten



Luftreinigungsgeräte nicht sinnvoll

In Pandemiezeiten, in denen mit wenig Komfortverlust über Fenster effizient gelüftet werden kann (Frühjahr bis Herbst)

In Räumen, in denen es einen ausreichenden Luftwechsel über raumluftechnische Anlagen gibt (Hybridlüftung in Schulen)

In Pandemiezeiten, in denen es andere Möglichkeiten der Risikoverringerung gibt (Impfungen, Abstand, Masken)

In Zeiten, in denen das Risiko auf Grund der geringeren Inzidenz im Bereich üblicher Lebensrisiken liegt

Lüftungssampel gibt gute Hinweise auf Risiko



<http://www.lueftungsampel.at>

CO₂-Messgerät IBO/Kühnel



Netzbasierte Ausführung, entwickelt vom Österreichischen Institut für Baubiologie und Ökologie, gemeinsam mit Fa. Kühnel.

office@kuehnel.at

Lüftungssampeln und CO₂-Messgeräte

Geeignet bei:

Schulen, Büros, Haushalte

NICHT Geeignet bei:

Räumen mit Raumlufreinigern mit Filter (zB. HEPA-Filter)

Räume, in denen laut gesprochen und gesungen wird

Beim „Sprechen“ werden etwa 5x mehr Aerosolpartikel

abgegeben als beim Atmen, bei „Laut Sprechen“ und

„Singen“ etwa 30x mehr!

**Wir können uns Schulen ohne
geeignete Lüftungsanlagen nicht
mehr leisten**

**Unsere Kinder brauchen ein
gesundes Lernumfeld**

Bleiben Sie gesund!

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit

IBO Innenraumanalytik OG
Wir sind für Sie da!
office@innenraumanalytik.at

